

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut environmentálního inženýrství



**Zhodnocení zdravotního stavu vybraných
druhů dřevin na území Ostravy z hlediska
imisního zatížení**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce:

Kateřina Klásková

Vedoucí práce:

Ing. Hana Švehláková

Ostrava 2010

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
Institute of environmental engineering



The evaluation of chosen woody species health according to pollutant load in Ostrava city

BACHELOR'S THESIS

Author:

Kateřina Klásková

Supervisor:

Ing. Hana Švehláková

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Kateřina Klásková**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství
Téma: **Zhodnocení zdravotního stavu vybraných druhů dřevin na území
Ostravy z hlediska imisního zatížení**
The evaluation of chosen woody species health according to pollutant
load in Ostrava city

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl
2. Imisní situace na Ostravsku, přírodní poměry, zdroje a typy imisí
3. Charakteristika vybraných druhů dřevin
4. Vztah imisí a fytopatologických nálezů na dřevinách
5. Diskuze a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


Agrios, G. N. : Plant pathology. Academic Press, New York, 1997.
Bláha, L. et al.: Rostlina a stres. VÚRV, Praha, 2003.
Dirner, V. et al.: Ochrana životního prostředí. Ostrava: MŽP ČR, VŠB - TU Ostrava.1997.333s.
Herčík M.: Životní prostředí - úvod do studia. Ostrava VŠB-TUO, 1996. 134 s.
Morgan Sally: Ecology and environment: the cycles of life, Oxford University
Press, USA, 1995

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Hana Švehláková**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012


prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 27. 4. 2012

Kateřina Klásková

Na tomto místě bych ráda poděkovala lidem, bez kterých by tato bakalářská práce nemohla vzniknout. Největší dík patří především vedoucí bakalářské práce Ing. Haně Švehlákové a to za její cenné rady, poznatky a neuvěřitelnou ochotu. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mě podporovali a pomáhali při vzniku bakalářské práce.

Anotace

Předložená bakalářská práce se zabývá zdravotním stavem vybraného druhu rodu borovic (*Pinus* L.) z hlediska imisního zatížení na území Ostravy. Hlavním cílem je seznámit se zkoumaným územím, kde probíhal terénní výzkum a následným statistickým zpracováním dat.

První část popisuje znečištění ovzduší na Ostravsku, kde je dále rozvedeno imisní zatížení, společně se zdroji a látkami znečišťujícími ovzduší. Následuje charakteristika přírodních poměrů a popis zkoumané lokality Černá louka. Další část je zaměřena na vybrané druhy rodu *Pinus* L.

Bakalářská práce zpracovává a popisuje index nekrotizace jehlic borovice černé (*Pinus nigra*) pro ročníky 2010 a 2011, na kterých byly provedeny měření jejich nekrotických částí, aby se zjistilo jejich poškození. Tyto indexy nekrotizace byly podrobeny statistickému vyhodnocení, které ukázalo, že index nekrotizace u jehlic ročníku 2010 je větší než u ročníku 2011.

Klíčová slova: index nekrotizace, borovice černá, statistické vyhodnocení, imise, Černá louka

Annotation

The goal of this bachelor thesis is to examine the health status of selected type of pine (*Pinus* L.) with respect to air pollution levels in the Ostrava area. The main idea is to get to know the investigated area, where the field research was performed and following elaboration of the obtained statistical data.

The first part describes the air pollution in Ostrava, here the pollution load is specified, together with the sources of pollution and substances polluting air. Next, the characterization of the natural environment and specification of the investigated area Černá louka is presented. The following part is specialized in chosen type of *Pinus* L.

The bachelor thesis elaborates and describes necrosis index of spines of Black Pine (*Pinus nigra*) for years 2010 and 2011. In these spines the measurements of their necrotic parts were performed to find their damage. The statistical examination of this necrosis index shows, that the necrosis index is higher for year 2010 than for the year 2011.

Keywords: necrosis index, Black Pine, statistic process, pollution load, Černá louka

Seznam použitých zkratk

a. s.	akciová společnost
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
dm	decimetr
g. km ⁻¹	gram na kilometr
ha	hektar
km	kilometr
km ²	kilometr čtverečný
m	metr
mm	milimetr
MW	mega watt
OKD	Ostravsko-karvinské doly
OKK	Koksovny
PR	přírodní rezervace
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
s. p.	státní podnik
ZÚ	Zdravotní ústav
ng. m ⁻³	nanogram na metr krychlový
μg. m ⁻³	mikrogram na metr krychlový

Obsah

1	ÚVOD	1
2	ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA OSTRAVSKU	2
2.1	Zdroje znečišťování ovzduší	2
2.2	Látky znečišťující ovzduší	3
2.3	Imisní situace na Ostravsku	5
3	CHARAKTERISTIKA PŘÍRODNÍCH POMĚRŮ NA OSTRAVSKU A VYMEZENÍ ÚZEMÍ	8
3.1	Geomorfologická, geologická a pedologická charakteristika	8
3.2	Hydrologické a klimatické poměry	9
3.3	Vegetační a faunistické poměry	11
3.4	Vývojová charakteristika zkoumaného území	14
4	CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ BOROVIC	16
4.1	Borovice černá (<i>Pinus nigra</i>)	16
4.2	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	18
4.3	Borovice kleč (<i>Pinus mugo</i>)	20
4.4	Borovice vejmutovka (<i>Pinus strobus</i>)	21
5	MATERIÁL A METODIKA	23
6	EMISE Z DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ NA KOMUNIKACI FRÝDECKÁ	26
6.1	Množství škodlivých látek	26
6.2	Intenzita dopravy	28
7	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	31
7.1	Statistické vzorce	31
7.2	Vyhodnocení	33
8	DISKUZE A ZÁVĚR	37
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38

SEZNAM OBRÁZKŮ	40
SEZNAM TABULEK.....	40
SEZNAM PŘÍLOH	40

1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá zhodnocením zdravotního stavu vybraných jehličnatých dřevin. Zaměřuji se na druhy rodu borovic. Borovice patří mezi vždyzelené stromy, méně často keře. Patří mezi nejpočetnější druh nahosemenných rostlin, jen na severní polokouli najdeme přes 100 druhů. Vyskytují se v širokém areálu od nižších poloh u hladiny moře až po vysokohorské oblasti. Jehlice u borovic vyrůstají z brachyblastu, většinou po dvou, třech, pěti, zřídka kdy po jedné nebo osmi. Většina druhů borovic vyžaduje dostatek světla, pokud toto světlo nemají, přestávají růst nebo dokonce může dojít k úhynu. Najdou se mezi nimi i takové, které jsou sice méně náročné na světelný svit, ale dochází u nich ke zpomalení růstu.

Borovice jsem si vybrala z důvodu jejich citlivosti na imisní zátěž. I když ne všechny druhy borovice jsou stejně náchylné. Některé jsou citlivější, např. borovice lesní, jiné naopak odolnější, např. borovice černá. Pro zkoumání imisního vlivu jsem si vybrala právě borovici černou, která je sice odolnější, ale přesto na jejích jehlicích lze nalézt poškození způsobené imisemi. Z tohoto důvodu se častěji vysazuje v městském prostředí a na místech ovlivněných průmyslovou činností. Borovice jsou ideální pro zkoumání poškození, protože neshazují jehličí a stav poškození se může vyhodnocovat celoročně. Výhodou např. od smrku je délka jejich jehlic, a proto lze lépe vidět dané poškození.

Je všeobecně známo, že na území města Ostravy je úroveň znečištění ovzduší vysoká. Nacházejí se zde významní producenti emisí, situace je dále ovlivněna polohou v Ostravské pánvi a dálkovými přenosy z Polska. Nejhorší situace nastává v zimních obdobích, kdy jsou emisní i imisní limity několikanásobně překračovány u některých znečišťujících látek. Imisní situace se v posledních letech zlepšuje, ale k ideálnímu stavu to má ještě daleko.

Práce je rozčleněna do několika kapitol, ve kterých se podrobně rozebírá daná problematika. Byly nastudovány přírodní poměry na Ostravsku, imisní situace, vlastnosti vybraných druhů borovic a základní statistické vztahy, které se použily pro vyhodnocení.

Cílem bakalářské práce je studium statistických vzorců a následné zpracování dat, základní charakteristika přírodních poměrů, biologie a ekologie vybraných druhů borovic, popis imisní situace. A také vlastní orientační výzkum poškození jehlic borovice černé v lokalitě Černá louka.

2 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA OSTRAVSKU

Na začátku 90. let došlo k dramatickému nárůstu a později k mírnému poklesu imisního zatížení území Ostravy, které bylo zapříčiněno zejména útlumem průmyslové výroby a zavedením nových technologií. Okolo roku 2000 dochází opět k mírnému zvyšování imisní zátěže, především polétavým prachem (Kolektiv autorů, 2006).

2.1 Zdroje znečišťování ovzduší

Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO) celostátně sleduje zdroje emitující do ovzduší znečišťující látky. REZZO sbírá a využívá data o stacionárních i mobilních zdrojích znečišťování ovzduší. Zdroje znečišťování ovzduší jsou rozděleny do čtyř kategorií:

- REZZO 1 jsou zvláště velké a velké zdroje znečišťování. Patří tam stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu vyšším než 5 MW a zařízení zvláště závažných technologických procesů,
- REZZO 2 jsou střední zdroje znečišťování. Spadá tam stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu od 0,2 do 5 MW, zařízení závažných technologických procesů, uhelné lomy a plochy s možností hoření, zapaření nebo úletu znečišťujících látek,
- REZZO 3 jsou malé zdroje znečišťování. Náleží tam stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW, zařízení technologických procesů nespádající do kategorie velkých a středních zdrojů, plochy, na kterých jsou prováděny práce, které mohou způsobovat znečišťování ovzduší, skládky paliv, surovin, produktů a odpadů a zachycených exhalátů a jiné stavby, zařízení a činnosti, výrazně znečišťující ovzduší,
- REZZO 4 jsou mobilní zdroje znečišťování. Zahrnuje pohyblivá zařízení se spalovacími nebo jinými motory, zejména silniční motorová vozidla, železniční kolejová vozidla, plavidla a letadla (BÍLEK et al., 2010).

Mezi nejvýraznější producenty emisí jsou u všech později uvedených znečišťujících látek zvláště velké a velké zdroje znečišťování ovzduší. Převážně se jedná o zdroje společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s., OKD, a.s., Dalkia Česká republika, a.s., EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, a.s., Energetika Vítkovice, a.s. a VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. (BÍLEK et al., 2010).

2.2 Látky znečišťující ovzduší

Pojmem znečišťující látky jsou označovány tuhé, kapalné a plynné látky. Tyto látky přímo anebo po spolupůsobení s jinou látkou nepříznivě ovlivňují ovzduší, a tím ohrožují a poškozují zdraví lidí, ostatních organismů a majetek (HERČÍK, 1996).

V následující části je uveden stručný výčet nejvýznamnějších znečišťujících látek v ovzduší.

Oxid siřičitý

Oxid siřičitý je hlavní znečišťující látkou v ovzduší (HERČÍK, 1996). V letech 1997–2007 nedošlo na žádném místě v Ostravě k překročení ročního povoleného počtu nadlimitních jak krátkodobých (1hodinových) tak denních (24hodinových) koncentrací oxidu siřičitého za rok. Limitní koncentrace byly překročeny pouze výjimečně. Do roku 2000 se průměrné roční koncentrace výrazně snižovaly, v dalších letech se jejich vývoj dal označit za velmi slabě klesající (BÍLEK et al., 2010).

Největší vliv na imisní situaci této znečišťující látky mají z 90 % místní velké zdroje znečišťování ovzduší a lokální topeniště. Vyšší koncentrace oxidu siřičitého se objevuje v těsné blízkosti průmyslových areálů společností Dalkia a.s. (Elektrárny Třebovice) a společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. (BÍLEK et al., 2010).

Oxid dusičitý

Koncentrace oxidu dusičitého překračují imisní limit pouze výjimečně, a to v oblastech ovlivněných dopravou, především na dopravní stanici Ostrava-Českobratrská. Nadlimitní roční koncentrace na této stanici byly naměřeny v letech 2005 a 2006. Po celou dobu hodnoceného desetiletí jsou roční průměrné koncentrace na srovnatelné hladině (BÍLEK et al., 2010).

Na imisích této znečišťující látky se z 80 % podílí doprava. Imisní situace se zlepšila, protože se pozitivně odrazily dobré rozptylové podmínky a snížení emisí z dopravy způsobené modernizací vozového parku (BÍLEK et al., 2010).

Suspendované částice frakce PM₁₀

Limitní roční koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀ byly překračovány pouze na stanici Ostrava-Fifejdy do roku 2001, od tohoto roku dochází každoročně k překračování limitu na téměř všech stanicích. Částečné zlepšení nastalo v roce 2007, kromě lokality Ostrava-Bartovice (BÍLEK et al., 2010).

Limitní 24hodinová koncentrace je vyšší na všech lokalitách trvale bez výjimky častěji než v povolených 35 dnech za rok. Na nejvíce znečištěných místech v Ostravě-Přívaze, Ostravě-Bartovicích, Ostravě-Zábřehu a na dopravní stanici Ostrava-Českobratrská se v některých letech nadlimitní denní koncentrace objevovaly po více než třetinu roku. Koncentrace PM_{10} na Ostravsku a Karvinsku jsou nejvyšší v rámci celé České republiky (BÍLEK et al., 2010).

Zhoršená imisní situace je zapříčiněna především kombinací vlivu dopravy, průmyslových zdrojů a lokálních topenišť. Jedná se převážně o průmyslové zdroje v důležitých průmyslových oblastech (např. zdroje v areálech společností ArcelorMittal Ostrava a.s., OKD, OKK a.s.). Neprůmyslové zdroje znečištění převažují z 85 % v centru města, okolo frekventovaných komunikací a významných dopravních uzlů (BÍLEK et al., 2010).

Suspendované částice frakce $PM_{2,5}$

Průměrnou roční limitní hodnotu koncentrace $25 \mu g.m^{-3}$ suspendovaných částic frakce $PM_{2,5}$ zavádí Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Tato hodnota měla být dosažena do 1. ledna 2010 a byla zahrnuta do české legislativy. Limitní hodnota je překročena na všech územích monitorujících tuto škodlivinu v Ostravě, s výjimkou lokality Ostrava-Poruba /ČHMÚ, která jen velmi těsně nepřekročila tuto hodnotu v roce 2007 (BÍLEK et al., 2010).

Oxid uhelnatý

Hodnoty imisního limitu pro maximální roční 8hodinové koncentrace oxidu uhelnatého nejsou překračovány. Nejvyšší hodnoty jsou získávány na dopravní stanici Ostrava-Českobratrská, kde se výrazně projevují emise z dopravy. Roční průměrné koncentrace oxidu uhelnatého se neměnily do roku 2003. Od roku 2004 dochází k velmi pozvolnému poklesu, s výjimkou stanice Ostrava-Českobratrská (BÍLEK et al., 2010).

Benzen

Roční průměrné koncentrace benzenu překračují limit na obou měřicích stanicích v Ostravě-Přívaze. V letech 2006 a 2007 byly koncentrace překročeny včetně meze tolerance pro toto období. V rámci celé České republiky se dosahuje nadlimitních hodnot pouze na této lokalitě v Ostravě. Koncentrace nemají ani stoupající ani klesající charakter (BÍLEK et al., 2010).

Benzo(a)pyren

Limitní koncentrace benzo(a)pyrenu jsou na Ostravsku překračovány nepřetržitě, na většině lokalit několikanásobně a nevykazují ani stoupající ani klesající tendenci. Naměřené hodnoty jsou nejvyšší v celé České republice (BÍLEK et al., 2010).

Pro všechny monitorované roky 2003, 2005 a 2007 je vidět, že průměrné roční koncentrace benzo(a)pyrenu dosahují v obydlených částech města hodnot 2 – 5 ng.m⁻³ a cílový imisní limit 1 ng.m⁻³ je dlouhodobě převyšován prakticky na celém území města. Jasně dominantní vliv mají z 85 – 100 % na území Ostravska místní zvláště velké a velké zdroje znečišťování ovzduší, hlavně koksovny společností OKD, OKK a.s. a ArcelorMittal Ostrava a.s. K nepříznivé imisní situaci také negativně přispívají asi z 10 – 15 % neprůmyslové zdroje, což jsou lokální topeniště (BÍLEK et al., 2010).

2.3 Imisní situace na Ostravsku

V současnosti probíhají na Ostravsku imisní měření pouze dvou organizací, Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě (ZÚ) (BÍLEK et al., 2010).

V rámci Ostravy jsou nejnižší hodnoty znečištění ovzduší měřeny v oblastech imisního monitoringu v Ostravě-Porubě, nejvyšší hodnoty nejčastěji v Ostravě-Přivoze a Ostravě-Bartovicích. Nejvyšší koncentrace škodlivých látek pocházejících především z dopravy jsou měřeny na stanici Ostrava-Českobratrská (BÍLEK et al., 2010).

Zřetelný průměrný roční chod škodlivin s maximem v zimních měsících je možný vidět u oxidu siřičitého, suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5}, oxidu uhelnatého, benzo(a)pyrenu a oxidů dusíku. Úplně opačný výskyt s maximálními koncentracemi v teplých měsících roku mají koncentrace přízemního ozonu. (BÍLEK et al., 2010).

U většiny škodlivých látek je průměrný týdenní chod málo výrazný, což značí, že není velký rozdíl mezi průměrnými koncentracemi škodlivin v pracovních dnech a volných dnech, v chladné ani teplé části roku. Naprosto jiná situace je u koncentrací oxidů dusíku ve všech oblastech na Ostravsku a u oxidu uhelnatého na dopravní stanici Českobratrská. To vyplývá ze skutečnosti, že hlavním zdrojem emisí těchto škodlivých látek jsou mobilní zdroje a v týdenním chodu se projevuje rozdílná hustota dopravy ve městě v pracovních a ve dnech pracovního volna (BÍLEK et al., 2010).

Průměrný denní chod se u velké části škodlivin vyznačuje dvěma denními maximy – ranní (kratší a s výraznějšími koncentracemi) a večerní (delší a s nižšími koncentracemi) (BÍLEK et al., 2010).

Za nejdůležitější meteorologické podmínky rozptylu jsou považovány v první řadě podmínky, které ovlivňují vertikální a horizontální šíření, rozptyl škodlivin od zdrojů a také teplota vzduchu. Velikost emisí může výrazně ovlivňovat teplota vzduchu převážně v topných měsících a atmosférické srážky v důsledku vymývání imisí z ovzduší (BÍLEK et al., 2010).

V obdobích chladných polovin roku pro veškeré sledované škodlivé látky jsou statisticky významné závislosti na počtu dní s prouděním ze severovýchodního kvadrantu, na počtu dní s bezvětřím a na průměrné měsíční teplotě vzduchu. Škodliviny PM_{10} a oxidu dusičitého jsou kromě toho závislé na průměrné rychlosti větru a na počtu dní s prouděním z jihozápadního kvadrantu. S rostoucí rychlostí větru, s počtem dnů s prouděním z jihozápadního kvadrantu, s teplotou vzduchu a hodnotou teplotního gradientu průměrné měsíční koncentrace zmíněných škodlivin klesají (BÍLEK et al., 2010).

Naopak v teplé polovině roku není již závislost stupně znečištění ovzduší na meteorologických podmínkách rozptylu tak jednoznačná a patrná. Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} a oxidu dusičitého podstatně klesají s rostoucími úhrny srážek a s rostoucí teplotou vzduchu (BÍLEK et al., 2010).

U všech škodlivých látek a na všech stanicích jsou v chladné polovině roku nejvyšší průměrné koncentrace i relativní počty dnů s koncentrací nad zavedený limit ve dnech s bezvětřím. Nejmenší úroveň znečištění ovzduší PM_{10} a oxidu siřičitého je naopak na všech hodnotících stanicích (kromě stanic v Mariánských Horách a Bartovicích u PM_{10} a kromě stanice Radvanice u oxidu siřičitého) při proudění z jihozápadního kvadrantu. Pro oxid dusičitý je nejnižší stupeň znečištění ovzduší přibližně na polovině hodnotících stanic při proudění z jihozápadního kvadrantu na přibližně polovině stanic obráceně při proudění ze severovýchodního kvadrantu (BÍLEK et al., 2010).

Imisní úroveň na návětrné straně Ostravy (Studénka, Ostrava-Poruba, Ostrava-Zábřeh) je pro suspendované částice PM_{10} při proudění z jihozápadního kvadrantu srovnatelná a podobná požadové úrovni nížinných a středních poloh v celé České republice. Výjimku tvoří ostravské stanice Mariánské Hory a Bartovice, kde je imisní úroveň při proudění ze severovýchodního kvadrantu o 15 – 20 $\mu g \cdot m^{-3}$ vyšší, než při převládajícím proudění

z jihozápadního kvadrantu. Pro oxid siřičitý je rozdíl mezi stupněm znečištění ovzduší při proudění z protilehlých kvadrantů menší a přibližuje se $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ (BÍLEK et al., 2010).

Nejvyšší stupeň znečištění ovzduší je pro škodlivé látky PM_{10} a oxid siřičitý ve dnech, kdy proudí vzduch ze severovýchodního kvadrantu na stanici Bohumín, což je v návětří Ostravy. To znamená, že úroveň znečištění ovzduší je na území města Ostravy v 10 % dnů zřetelně ovlivňována zdroji emisí ze sousedního Polska (BÍLEK et al., 2010).

3 CHARAKTERISTIKA PŘÍRODNÍCH POMĚRŮ NA OSTRAVSKU A VYMEZENÍ ÚZEMÍ

Okres Ostrava leží ve východní části České republiky v Moravskoslezském kraji na hranici mezi Moravou a Slezskem. Na severu sousedí s okresem Opava, na východě s okresem Karviná, na jihu s okresem Frýdek-Místek a na západě s okresem Nový Jičín (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

3.1 Geomorfologická, geologická a pedologická charakteristika

Ostravsko z geomorfologického hlediska leží na rozhraní dvou systémů – alpskohimalájského a hercynského. Ostravská pánev tvoří velkou část tohoto území, která spadá do alpskohimalájského systému. Svou podobu získala především díky vodním tokům a ledovci (Kolektiv autorů, 2006). Na tomto území převládají ploché oblé tvary. Krajina je především rovinatá, a právě proto zde vynikají nepřirozené hmoty hlušinových hald, které byly v minulosti tvořeny poblíž dolů. Nejvíce viditelným příkladem je kužel haldy Ema ve Slezské Ostravě (KOUTECKÁ, 2001). Velkou měrou se uplatnila antropogenní činnost, především těžba uhlí a hutnictví. Horninové podloží Ostravska podstatným způsobem podmínilo a stále podmiňuje vzhled města a to, jak v pozitivním, tak v negativním smyslu (Kolektiv autorů, 2006).

Z geologického hlediska je území tvořeno neogenními sedimenty karpatské předhlubně, kde částečně zasahuje karbonský kulm Nízkého Jeseníku a flyš Západních Karpat (Kolektiv autorů, 2006). Toto flyšové pásmo se skládá hlavně z pískovců, slepenců a jílovitých břidlic. Vytvořilo se za alpinského vrásnění a má příkrovovou stavbu. Malý výskyt pelosideritů se stal v minulém století základem pro vznik železárenského průmyslu na Ostravsku. Jejich těžba však už dávno zanikla (HAVRLANT, 1980).

Z velké části se zamokřené půdy vyvinuly na kvartérních usazeninách, často nanesených vodními toky, eventuálně na sprašových hlínách. Karbonské podloží vystupuje na povrch pouze na Landeku, což je unikum v regionu. V této lokalitě lidé dobývali „černé zlato“ neboli kamenné uhlí po celá dvě staletí. Bohatá karbonská vegetace dala základ pro vznik ostravského černého uhlí. Zkameněliny a otisky ze sedimentů druhohorních a třetihorních moří ilustrují rozmanitost života v těchto vodách, a vápencové vrstvy byly vytvořeny vápnitými schránkami drobných živočichů. Na Ostravsku nalezneme četné bludné balvany, které sem byly transportovány pevninským ledovcem (KOUTECKÁ, 2001).

Území města Ostravy pokrývají rozdílné půdy. Půdní kryt tvoří především hlinité a hlinitopísčité půdy a z půdních typů převažují hnědé půdy. Podél řeky Odry a jejich přítoků najdeme půdy nivní, dále pak ilimerizované a oglejené (Kolektiv autorů, 2006).

3.2 Hydrologické a klimatické poměry

Městem Ostrava protékají celkem čtyři řeky, jsou to Odra, Opava, Ostravice a Lučina. Řeka Opava se vlévá do Odry u Třebovic a je největším levostranným přítokem horního toku Odry na území České republiky. Ostravice je pravostranný přítok Odry a vlévá se do ní u Landeku. Lučina ústí jako pravostranný přítok do Ostravice v centru města u areálu Černá louka. Ostrava se nachází na hydrografickém uzlu říční sítě horního toku Odry a patří k úmoří Baltského moře (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Kromě těchto hlavních řek se na území města vyskytují desítky drobných vodních toků, které jsou z velké části ve správě České republiky (Zemědělské vodohospodářské správy). Další drobné vodní toky obhospodařují Lesy České republiky, s.p. Některé drobné vodní toky spravují městské obvody statutárního města Ostravy, společnost OKD, a.s., Ostravské vodárny a kanalizace a.s., ArcelorMittal Ostrava a.s. Celková délka vodních toků na území města je 320 km. A z toho je 238 km významných vodních toků ve správě státního podniku Povodí Odry, patří zde Odra, Ostravice, Opava, Lučina, Porubka (KŘÍŽ, 2004).

Na území města Ostravy se nacházejí také vodní nádrže. Jedná se převážně o umělé nádrže, hlavně rybníky, které jsou využívány pro chov ryb a jsou obhospodařovány Českým rybářským svazem. Dále se zde nacházejí zatopené štěrkovny a pískovny. Celkově je na území města více než 530 ha vodních ploch. Největší vodní plochou je Heřmanický rybník o rozloze 103 ha (Kolektiv autorů, 2006).

Dodávky pitné vody v Ostravě jsou zajišťovány ze zdrojů Ostravského oblastního vodovodu a z podzemních zdrojů. Hlavními zdroji pro Ostravský oblastní vodovod jsou vodárenské nádrže Šance na řece Ostravici, Kružberk na řece Moravici a Morávka na řece Morávce. Surová voda z těchto přehrad je distribuována na jednotlivé úpravný, které se nacházejí v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí, Podhradí a Vyšních Lhotách. Po úpravě je tato voda rozvedena hlavními rozváděcími řady do vodojemů a spotřebišť. Vodovodní síť je provozována obchodní společností Ostravské vodárny a kanalizace a.s. (Kolektiv autorů, 2006).

Třetina obyvatel města je zásobována ze zdrojů podzemních vod (Kolektiv autorů, 2006). Podzemní voda je jímána soustavou hlubších vrtů, které jsou z kolektoru kvartérních glaciakustrinních písků. Tyto vrty jsou dotovány hlavně infiltrací z Odry (WEISSMANNOVÁ et al., 2004). Vodní zdroje podzemních vod, nacházející se na území města, mají ochranná pásma vyhlášena rozhodnutími vodoprávního úřadu. (Kolektiv autorů, 2006).

Vodní toky v celé ostravské průmyslové oblasti, jsou značně ovlivněny po stránce chemické, biologické, tak i fyzikální a to především komunálními i průmyslovými odpadními vodami. Dle kyslíkového režimu patří převážně do IV. a V. třídy klasifikace jakosti povrchových vod. Což znamená, že jejich voda je silně až velmi silně znečištěná (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Okres Ostrava náleží podle Quitta, E., 1971, do mírně teplé klimatické oblasti, která je v této oblasti charakterizována dlouhým, teplým a mírně suchým létem a krátkou mírně teplou a velmi suchou zimou, kde sněhová pokrývka trvá průměrně 50 až 60 dní za rok (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Proudění vzduchu je z velké části dáno postavením okolních pohoří. V zimních měsících zde vanou severní a severovýchodní větry, které jsou zapříčiněny otevřeností krajiny k severu. V jarních měsících otevřenost krajiny umožňuje snadné pronikání studeného vzduchu ze severu. Bezvětří je téměř po třetinu roku, což má za následek relativně vysoký spád emisí v bezprostřední blízkosti zdrojů prašnosti, tedy v oblastech s největší hustotou zalidnění Ostravského regionu. Mlhy společně s inverzí patří k hlavním faktorům, které zhoršují životní prostředí tohoto regionu (KŘÍŽ, 2004).

Podnebí Ostravy je mírně teplé, převládá zde jihozápadní proudění s vlhkým atlantickým vzduchem, které přináší bohaté dešťové srážky. Ojedinele prochází ostravským územím i cyklona, která způsobuje nadměrné srážky, které se v minulosti projevovaly rozsáhlými povodněmi. Ostravská pánev je nejvlhčí nížinnou oblastí v České republice. Průměrná roční teplota je +8,6 °C, v zimních měsících je průměrná teplota -1,4 °C a v letních měsících je průměrná teplota +18,3 °C. Roční úhrn srážek je v průměru 705 mm. Největší srážky jsou zaznamenávány v červnu – 95,6 mm a nejmenší v lednu – 28,4 mm. Průběh počasí během roku není vždy stejný, jak pro srážkové, tak i pro teplotní poměry. V posledních desetiletích se objevovaly výrazné anomálie v průběhu léta i zimních období (KŘÍŽ, 2004).

3.3 Vegetační a faunistické poměry

Fytogeografické členění Ostravska vychází z jeho polohy na hranici dvou soustav – České vysočiny a Karpatské soustavy. Střední a východní část Ostravska spadá do obvodu Karpatského mezofytika a fytogeografického okresu Ostravská pánev. Jihozápadní část patří do obvodu Českomoravského mezofytika a fytogeografického okresu Opavská pahorkatina (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Řeka Odra, společně se svými přítoky Ostravicí a Opavou, podporuje pronikání karpatských prvků západním směrem do Slezské nížiny a Nízkého Jeseníku. Podél těchto toků je přirozená vegetace zastoupena střemchovými jaseninami (*Pruno-Fraxinetum*), místy s mokřadními olšinami (*Alnion glutinosae*). Stromové patro tvoří střídavě jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) nebo olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), popřípadě s dalšími druhy např. lípou malolistou (*Tilia cordata*) a střemchou obecnou (*Padus avium*). Keřové patro je značně pestré a místy velmi husté. Nejčastěji se zde vyskytují střemcha, bez černý (*Sambucus nigra*), a líska obecná (*Corylus avellana*). V dobře vyvinutém bylinném patře se objevuje válečka lesní (*Brachypodium sylvaticum*), děhel lesní (*Angelica sylvestris*), ocún jesenní (*Colchicum autumnale*) a orsej jarní (*Ficaria bulbifera*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

V široké Oderské nivě je mapována jilmová doubrava (*Quercu-Ulmetum*) až po hranici s Polskem. Na jih od ostravské aglomerace se zachovaly převážně lesní komplexy, kde se jilmová doubrava mozaikovitě prolíná se střemchovými jaseninami (*Pruno-Fraxinetum*) a mokřadními olšinami (*Alnion glutinosae*). Lesní celky CHKO Poodří a PR Rezavka jsou jejich příkladem. Jilmové doubravy tvoří především třípatrové porosty s lípou malolistou (*Tilia cordata*) a jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*). Na některých místech bývají vtroušeny dub letní (*Quercus robur*) a javor babyka (*Acer campestre*). V patře keřovém jsou nejčastěji zastoupeny svída krvavá (*Swida sanguinea*), hloh (*Crataegus* sp.) a bez černý (*Sambucus nigra*). V dobře zapojeném bylinném patře je zřetelný aspekt jarních geofyt s převahou orseje jarní (*Ficaria bulbifera*), česneku medvědího (*Allium ursinum*), sněženkou podsněžník (*Galanthus nivalis*) a dymnivkou dutou (*Corydalis cava*). Mezi složkami letního aspektu patří bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*) a kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Na luhy a dubohabřiny se napojuje podmáčená dubová bučina (*Carici brizoidis-Quercetum*), kde se udržely jen zbytky porostů, které byly převážně převedeny na monokultury jehličnanů značně trpícími imisemi. Třípatrové porosty vytváří buk lesní

(*Fagus sylvatica*), dub letní (*Quercus robur*) a habr obecný (*Carpinus betulus*), doplňuje je bříza bělokorá (*Betula pendula*). Mezi keři dominují ostružiník sivý (*Rubus caesius*), ostružiník malinový (*Rubus idaeus*) a krušina olšová (*Frangula alnus*). V bylinném patře rostou např. borůvka černá (*Vaccinium myrtillus*) a šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Lipové dubohabřiny (*Tilio-Carpinetum*) jsou v okrese zachovány pouze na některých místech. Prvotní skladba dřevin byla oslabena výsadbou smrku a z důvodu výstavby sídlišť část porostů zanikla. Vyšší a sušší části říční terasy se nacházejí na území PR Přemyšov. Tvoří ji třípatrové, místy čtyřpatrové porosty s převládající lípou malolistou (*Tilia cordata*) doprovázenou habrem obecným (*Carpinus betulus*), dubem letním (*Quercus robur*), břízou bělokorou (*Betula pendula*). Keřové patro je zastoupeno lískou obecnou (*Corylus avellana*) a hlohem (*Crataegus* sp.). V rozmanitém bylinném patře se vyskytují bika chlupatá (*Luzula pilosa*), kopytník evropský (*Asarum europaeum*) a svízel vonný (*Galium odoratum*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Západní část Ostravska má rovinné nebo mírně zvlněné tvary, vzácně strmější svahy říčních údolí. Na malých prostorech roste jedlová doubrava (*Abieti-Quercetum*), kde stromové patro tvoří dub zimní (*Quercus petraea*), dub letní (*Quercus robur*) a lípa malolistá (*Tilia cordata*). Keřové patro je slabě vyvinuté, ale i přesto se zde hojně objevuje krušina olšová (*Frangula alnus*). Pro bylinné patro jsou typické svízel okrouhlohlístý (*Galium rutundifolium*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*) a bika bělavá (*Luzula luzuloides*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Vážné problémy způsobují invazní rostliny, které se značně vyskytují na území Ostravy. Jedná se zejména o křídlatku japonskou (*Reynoutria japonica*) a křídlatku sachalinskou (*Reynoutria sachalinensis*), která se rozšiřuje podél vodních toků a zarůstá neudržované místa. Na březích Odry se objevuje v souvislých porostech hlavně v severní části města. Podél Ostravice se nachází po celé délce toku a to tam, kde má k životu alespoň minimální podmínky. Po řekách rychle zabírá lokality, kde se doposud nevyskytovala, zejména takové, na nichž byly vykáceny břehové porosty bez náhrady. Následkem je znehodnocení břehových porostů do podoby souvislé monokultury tohoto invazního druhu (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Popisovaná oblast náleží do Ostravského a Pooderského bioregionu v polonské podprovincii, která svými okrajovými částmi zasahuje na naše území od severu. Pro Pooderský bioregion je charakteristická vlhkomilná a mokřadní fauna v Oderské nivě a jejích

přítoků. Ostravský bioregion, rozkládající se na podstatné části okresu, je utvářen slabě zvlněnou pahorkatinou s oblými hřbety s chladnomilnější faunou nižších poloh. Lesy obývá obvyklá lesní fauna, v rozsáhlejších porostech ojediněle hnízdí krkavec velký (*Corvus corax*) a včelojed lesní (*Pernis apivorus*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Fragmenty lužních lesů jsou pro hmyz důležitým biotopem. V PP Turkov se vyskytuje chráněný zdobenec *Trichius rosaceus*, jedná se o jeho jedinou oblast na Moravě včetně Slezska a jednu ze dvou v současnosti existujících v České republice. Populace střevlíčka *Leistus Piceus* prosperují v PR Rezavka (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Zamokřené travnaté plochy a opakovaně zvodnělé polní biotopy osídlují obojživelníci, např. kuňka obecná (*Bombina bombina*) a ropucha zelená (*Bufo viridis*), sporadicky i ptáci z řádu bahňáků – vodouš rudonohý (*Tringa totanus*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

V prostředí ostravských hald, v současné době již porostlých vegetací, lze kromě běžných pěvců všimnout si bělořita šedého (*Oenanthe oenanthe*) a koroptve polní (*Perdix perdix*), v příhodných místech s keřovitým porostem ťuhýka obecného (*Lanius collurio*). Běžnými obyvateli lidských biotopů jsou ježek západní (*Erinaceus europaeus*), ježek východní (*Erinaceus concolor*), a masově zimující populace netopýra pestrého (*Vespertilio murinus*) ze severovýchodní Evropy. Ve fauně holých částí hald žijí teplomilní živočichové (střevlíček *Harpalus modestus*, kovařík *Quasimus minutissimus*), zatímco zalesněné části obývají podhorští brouci, např. kvapník *Amara praetermissa* (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Skoro celý úsek Odry na území Ostravy spadá do parmového pásma stejně jako její levostranný přítok Opava. Nachází se zde ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), parma obecná (*Barbus barbus*) a mník jednovousý (*Lota lota*). Ostravice, která byla v minulosti značně znečištěná je v současnosti nejrybnatější řekou okresu. Ze 17 druhů ryb parmového pásma je nejvzácnější chráněná střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

V břehových porostech s pestrou flórou hnízdí slavík obecný (*Luscinia megarhynchos*), hýl rudý (*Carpodacus erythrinus*) a moudivláček lužní (*Remiz pendulinus*). Stále častěji se nalézají pobytové značky vydry říční (*Lutra lutra*), která sem postupuje z horního toku Odry. Na břehy řek jsou navázána litorální společenstva hmyzu. Břehy Ostravice jsou z pohledu fauny hmyzu nejčennější v oblasti Hrabové. Z této oblasti byl

popsán nový druh kovaříka *Adrastus juditae*, do této doby známý jen z Ostravska. V rybníčních biotopech je velký výskyt skokana skřehotavého (*Rana ridibunda*) a kuňky obecné (*Bombina bombina*), rybníky zaujímají nejcennější ornitologické lokality v okrese. Protahuje tudy vysoký počet druhů vodního ptactva, hnízdí zde hohol severní (*Bucephala cingula*) a rákosník velký (*Acrocephalus arundinaceus*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Z další faunisticky velmi významných území leží v dolním toku Oderské nivě na severovýchodním okraji okresu. V souboru rybníčních soustav, zatopených štěkoven a přilehlých mokřadních biotopů žijí čolek velký (*Triturus cristatus*), skokan skřehotavý (*Rana ridibunda*), skokan ostronosý (*Rana arvalis*) a ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

Nejbohatšími lokalitami z ornitologického hlediska jsou rybníky Heřmanický a Lesník s rozlehlými porosty rákosin, které osídlují významné populace bukače velkého (*Botaurus stellaris*), bukáčka malého (*Ixobrychus minutus*), slavíka modráčka (*Luscinia svecica*). Rovněž zde hnízdí několik párů husy velké (*Anser anser*) (WEISSMANNOVÁ et al., 2004).

3.4 Vývojová charakteristika zkoumaného území

Z geomorfologického hlediska spadá zkoumaná lokalita do provincie Západní Karpaty, soustavy Vněkarpatské sníženiny, podsoustavy Severní Vněkarpatské sníženiny a celá její část náleží ke geomorfologickému celku Ostravská pánev. Ostravská pánev zabírá 486 km² a má rovinný až pahorkatinný povrch se střední nadmořskou výškou 244 m (WEISSMANNOVÁ, 2004).

Černá louka se nachází na hranici Moravské Ostravy a Slezské Ostravy, leží jihovýchodně od Masarykova náměstí, v sousedství Nové Karoliny. V její blízkosti se nachází Slezskoostravský hrad, který je Lávkou Unie spojován s Černou loukou.

Zkoumaná oblast náleží do fyto geografické oblasti Mezofytikum, fyto geografického obvodu Karpatské mezofytikum a fyto geografického okresu 83 Ostravská pánev (WEISSMANNOVÁ, 2004). V areálu Černé louky roste borovice černá (*Pinus nigra*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice kleč (*Pinus mugo*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), smrk ztepilý (*Picea abies*), smrk pichlavý (*Picea pungens*) a jalovec chvojka (*Juniperus sabina*). Také se zde vyskytuje, před hlavním vstupem do areálu výstaviště, památný strom platan javorolistý (*Platanus x acerifolia*).

V blízkosti Černé louky se nachází soutok Ostravice s Lučinou, kde řeka Lučina ústí jako pravostranný přítok do řeky Ostravice.

Černá louka do roku 1910 byla území, kam se vyvážela haldovina z těžby uhlí z koksovny Karolina. Tato činnost skončila kolem roku 1917. Tyto haldy byly osázeny akáty. V roce 1928 byly haldy využity jako zábavní park "Tivoli", nacházela se zde horská dráha. V období války haldy osiřely, od roku 1958 byly rozebírány a vzniklo území současné Černé louky, které bylo upraveno (pod povrchem Černé louky je 7–9 m návozu hlušiny) na výstaviště, prezentující socialistické bydlení. V té době vysázený park již dnes z valné části neexistuje (ústní sdělení, 2012).

V areálu se také nachází přírodní památka Rovninské balvany. Skupina deseti bludných balvanů je charakteristickým vzorkem velkých eratických bloků, které byly transportovány pevninským ledovcem ve čtvrtohorách. Byly objeveny při těžbě v Hlučíně-Rovninách v roce 1958. V roce 1964 byly přesunuty na současné stanoviště (WEISSMANNOVÁ, 2004).

4 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ BOROVIC

Rod *Pinus* L. patří mezi nejpočetnější rod nahosemenných rostlin. Popsáno je celkem 100 až 120 druhů borovic rostoucích prakticky jen na severní polokouli, od hladiny moře po 4 000 m nad mořem, od tropů až po subarktickou oblast (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

4.1 Borovice černá (*Pinus nigra*)

Popis

Borovice černá je statný strom, který dosahuje na příznivých stanovištích až 50 m výšky, s průměrem kmene přes 1 m. Dožívá se věku přes 500 let. Kmen má přímý, válcovitý, náhle ukončený, s vysoko položenou plochou korunou se silnými větvemi. Jehlice, rostoucí po dvou ve svazečku, jsou tuhé, dlouhé, tmavozelené a často hustě nahloučené. Kořenová soustava se vyznačuje výrazným křovitým kořenem. Na skalách kořeny pronikají velkou silou do štěrbin v matečné hornině. Kořeny důkladně zakotvují dřevinu v půdě, takže nedochází k vývrátům (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

Borovice černá na volném prostranství začíná rozkvétat již před 20. rokem věku. Samčí žluté šištice vyrůstají na bázi nových výhonů v níže položené části koruny, po vypadání pylu zaschnou a v průběhu několika týdnů opadnou. Samičí šištice jsou jasně červené, krátce stopkaté nebo přisedlé, vyrůstají blízko vrcholů nových letorostů v horní části koruny. Opyleny mohou být pouze v období tří dnů, protože semenné šupiny poté uzavřou přístup k vajíčku. K vlastnímu oplodnění dochází až po 13 měsících (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Ve druhé vegetační sezóně oplodněné šištice zezelenají a od dubna do podzimu, kdy dozrávají, rychle rostou. Přitom od září do listopadu mění barvu na jasně žlutohnědou až světle hnědou. Téměř současně také probíhá diseminace, od října do listopadu. Semena jsou načervenalé hnědá, častokrát křopenatá, měří 5 až 8 mm, s křídlem dlouhým 19 mm. Plodnost začíná mezi 15. až 40. rokem věku. Velké úrody se opakují po dvou až pěti letech (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Ze semenáčků vyrůstají v prvním roce jednotlivé jehlice, ve druhém roce vyrůstají již svazečky jehlic. Borovice černá roste zpočátku pomaleji než borovice lesní, výškový přírůst však trvá déle (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Rozšíření

Borovice černá je jihoevropská dřevina, rozkládající se na území středomořské oblasti od Pyrenejského poloostrova přes Apeninský a Balkánský poloostrov až do Malé Asie. Borovice černá roste v tomto areálu v horských oblastech. Hlavní oblast rozšíření je v horách Balkánského poloostrova od Dinárských hor přes pohoří Pindos do hor Řecká a na Krétu. Západním směrem odtud se objevuje borovice černá v horách Pyrenejského poloostrova, na jihu Francie v Cevennách, na Korsice a zřídka v Apeninách až po Sicílii. Na východě roste v Transylvánských Alpách, v bulharských horách a v několika horských skupinách Malé Asie, především v Pontickém pohoří a v Tauru, osamocené lokality jsou na Krymu, na Kavkaze a na Kypru. Nejseverněji roste borovice černá ve vápencových Alpách rakouských. Tato lokalita se nachází nejbližě našeho území a zde mají také původ první výsadby borovice černé u nás (ÚRADNÍČEK, CHMELAŘ, 1998).

V západní části areálu převažují typy s tenkými jehlicemi a malými šiškami, na východě převažují typy s tuhými jehlicemi a velkými šiškami. Prvotní porosty borovice černé jsou v celém areálu velmi zničeny pastvou. Nicméně se tento druh už od minulého století používá k zalesňování i mimo oblast přirozeného rozšíření (ÚRADNÍČEK, CHMELAŘ, 1998).

Ekologie

Borovice černá je světlomilná dřevina. S úspěchem roste nejčastěji na půdách s vysokým pH. Na mnoha místech se vyskytuje na vápencových skalách, kde často roste na nejneprístupnějších lokalitách. Je odolná vůči suchu, může růst na lehkých, suchých, písčitých půdách, velmi málo produktivních. Špatně se vyrovnává s kratší vegetační dobou ve vyšších zeměpisných šířkách (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Borovice černá je dřevina, která spadá do klimatu s teplým létem, kontinentálně odstíněným. Severní populace jsou velmi mrazuvzdorné, snesou teploty kolem -30 °C. Jižní populace jsou odolné k mrazu podstatně méně, snesou teploty kolem -7 °C. Po klimatické stránce je areál relativně velmi různorodý, v oblastech svého rozšíření se nevyskytuje borovice černá jen na nejchladnějších, nejteplejších a nejsušších místech. (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Na humus a půdní živiny je borovice černá nenáročná. V dřívějších dobách se považovala za vápnomilnou, z důvodu, že v Rakousku i bývalé Jugoslávii roste především

na suchých půdách na vápencích či dolomitech. V jižních oblastech se vyskytuje i na jiných horninách, například na silikátových – včetně hadců (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Borovice černá bývá vitální a rychle roste. Na území České republiky byla zavlečena kolem roku 1824. V současné době se předpokládá, že je u nás v lesích pěstována přibližně na 2 000 ha redukováné plochy (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Mladší stadia značně okusuje zvěř i dobytek. Podléhá snadno požárům. Zdravotní stav jejích výsadeb se na našem území v posledních letech zhoršil. Jedná se hlavně o prosychání borovice černé, jehlice rezavějí a hnědnou, způsobené nejčastěji houbou *Sphaeropsis sapinea* (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Borovice černá je značně odolná v městském prostředí a snáší znečištěné ovzduší průmyslových oblastí. V současné době našla široké spektrum uplatnění v sadovnictví. Při výsadbách ve městě a v průmyslových oblastech se stala značně vyhledávanou dřevinou (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

4.2 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

Popis

Borovice lesní je strom středních rozměrů, dorůstající výšky 40 m na příznivém stanovišti a s průměrem kmene do 1 m. Na charakteristických extrémních stanovištích má borovice lesní křivolaký kmen a může být i v podstatě nižší – dokonce jen keřovitého vzrůstu. Její dosažitelný věk se pohybuje kolem 300 let. V některých oblastech, kde chybí konkurence, se může borovice lesní dožít i 500 let. Koruna stromu v severní a severovýchodní části evropského areálu je štíhlá, s jemným ovětvením, ve střední a jižní části přibývají a nadále i převažují jedinci s klenutou až deštníkovitou korunou, která má silné větve. Jehlice, nahromaděné ve svazečcích po dvou na brachyblastech, vytrvávají přibližně tři roky. (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

Kořenový systém borovice lesní je mohutný s hluboko sahajícím křlovým kořenem. Boční kořeny také pronikají hluboko. Borovice lesní je dobře upevněna v půdě a netrpí vývraty, a proto je považována za zpevňovací dřevinu. (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

Na volných prostranstvích plodí borovice lesní od 15. roku, v zápoji nastávají plodná léta mezi 30. až 40. rokem. V prvním roce dorůstají šišky velikosti lískového ořechu, ve druhém roce dorůstají šišky již normální velikosti a dozrávají. V předjaří třetího roku

semeno vylétává. Prázdné šišky setrvávají ještě do léta a poté opadávají. Semena jsou početná s dobrou klíčovostí, která vytrvává s postupným oslabením přibližně tři roky. Semenáček má větší počet děložních lístků, ke kterým přirůstá svazek jehlic v prvním roce (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

Rozšíření

Borovice lesní se vyskytuje ve značné části Eurasie, je to borovice s největším areálem na světě. Od Atlantského oceánu prochází Evropou přes celou Sibiř až k Pacifiku, tedy od Skotska, respektive od severozápadní části Pyrenejského poloostrova až k Ochotskému moři. Nejjižněji zasahuje v Sierra Nevadě, nejseverněji ve Skandinávii, kde jde až za severní polární kruh, na hranici tundry a lesotundry (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Celé území České republiky leží uvnitř areálu borovic lesní – ekotypu hercynského. Hercynská borovice se nacházela jen místy v lesní oblasti pahorkatin a nižších pohoří na balvanitých svazích a sutích. V nejnižších polohách se nachází v doubravách na písčích a mělkých, suchých půdách. Takové reliktní bory se nacházejí na hadcích Slavkovského lesa, na pískovcových skalách severovýchodních Čech, na chudých písčích v Polabí, na balvanitých svazích podhůří Šumavy nebo na písčích a zrašeliněných půdách Třeboňské pánve. Na Moravě leží reliktní borovice na skalnatých výspách Dražanské a Českomoravské vrchoviny, na příkrých stráních zaříznutých údolí řek, např. Rokytné, Dyje, nebo na písčitých půdách a vápencových skalách na jihu území. (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

Ekologie

Borovice lesní je výrazná světlomilná dřevina, která není schopná růstu v semknutých a zastíněných prostorech. Proto se výborně hodí k zakládání porostů na volných plochách. Přes krajní světlomilnost druhu dochází na některých stanovištích ke vzniku souvislých porostů, nejčastěji pod vlivem zpustošení lesů intenzivním hospodářstvím nebo působením požárů. (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

Borovice lesní je schopna krýt potřebu vody z mnohem větších hloubek než u jiných dřevin. Proto může růst na stanovištích extrémně suchých, kde ostatní dřeviny nemají šanci na přežití. Borovice lesní dokáže vyklíčit i ve štěrbinách holých skal. Vyskytuje se na územích s velkými srážkovými rozdíly. Jsou to suché oblasti na jedné straně, kde naprší asi 400 mm, na druhé straně to bývají podhorské a horské lokality se srážkami přes 1 000 mm (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

Borovice lesní díky její přizpůsobivosti a nenáročnosti roste na nejrozmanitějších půdách různých hornin. Roste s velkým úspěchem na suchých písčích, dunách, vátých písčích, na štěrku, na kamenitých sutích, i na rašelinných podkladech. V přirozených podmínkách bývá vytlačována z lepších stanovišť náročnějšími druhy snášejícími zástin. Proto jsou pro borovici lesní typicky extrémní půdní stanoviště jako suché písky, rašeliny, vápencové skály. Na rašelinách je její růst slabší a tvoří převážně jen zákrsky. Extrémní edafické podmínky tak podporují výskyt borovice lesní (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

Velké rozšíření druhu názorně ukazuje na jeho podivuhodnou nenáročnost na klimatické podmínky. Je odolná vůči mrazu i horku a snáší krajně tepelné podmínky. Je schopna snášet třesknuté mrazy Sibíře i horká léta stepních oblastí Ruska. Je to pionýrská dřevina, která osídluje holé plochy nejrozumnějšího druhu, nehodí se však k použití v prostředí velkých měst a průmyslových oblastí (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

Borovice lesní je velice odolná, rychle rostoucí dřevina. V mládí je poškozována zvěří, dokud má kmen hladkou kůru. Borovici lesní ohrožuje řada nebezpečných škůdců a v monokulturách vznikají kalamity. Nebezpečné bývají kalamity přemnoženého klikoroha, václavky a sypavky. Nepříznivě reaguje na znečištěné ovzduší, na které je citlivá, posléze shazuje jehličí a odumírá (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

4.3 Borovice kleč (*Pinus mugo*)

Popis

Borovice kleč je keřovitý jehličnan, který má větve přitisklé na bázi kmene, na konci vystoupavé. V příznivých podmínkách se větve dokážou napřímít a dosáhnout tak výšky 3 až 4 m. Na exponovaných místech je limitujícím faktorem výška sněhové pokrývky, proto borovice kleč vyrůstá do výšky jen několika dm. Může se dožít až několik set let. Postupným zakořeněním polehlých větví se zmlazuje a starší části odumírají. Jehlice ve svazečcích po dvou jsou hustě nahromaděny a vytrvávají několik let. Kořenová soustava se skládá z povrchově rozložených, daleko sahajících kořenů, dobře zpevňujících půdu (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

Borovice kleč začíná plodit mezi 6. a 10. rokem a kvete skoro každoročně. Šišky jsou pravidelně utvářené, mají krátkou stopku uprostřed a ploché štítky bez trnů. Dozrávají v druhém roce a semeno vylétává na začátku třetí sezóny. Klíčivost je vysoká a vytrvává pár let. Pohlaví bývá nepravidelně rozčleněno, až po dvoudomé exempláře. Semenáček roste

zpočátku relativně rychle, po 20. roce výškový přírůst zpomaluje. Tloušťkový přírůst je velmi pozvolný (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

Rozšíření

Malé areály borovice kleče se rozkládají v horách střední a jihovýchodní Evropy, s těžištěm výskytu nad horní hranicí lesa. Vyskytuje se v Alpách počínaje středním Švýcarskem, odkud pokračuje východním směrem, roste také v severní předalpské oblasti, v Karpatech, na Balkáně v Dinaridech, v Rodopském systému a v systému Staré planiny (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Na území České republiky je borovice kleč, jako souvislá křovitá formace nad hranicí lesa, vyvinuta jen Krkonoších. Jinak jsou nad horní lesní hranicí jen fragmenty v Jizerských horách, Jeseníku a Králickém Sněžníku. Přirozené rozšíření borovice kleče v horských oblastech i na rašeliništích bylo ve značné míře pozměněno lidskou činností. (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

Ekologie

Borovice kleč je silně světlomilná dřevina, neumí růst v zástínu. Jsou pro ni typická stanoviště, kde jiné dřeviny nemají šanci ji ohrozit. To je nad hranicí lesa, na nevyhovujících podkladech jako je rašelina nebo na kamenitých sutích. Je schopná se vyrovnat s rozmanitým množstvím přístupné vody. Snese vysychavé mělké podklady a roste i v nadbytku vláh. Je to dřevina odolná ke klimatickým extrémům všeho druhu. Je značně tolerantní vůči imisím (ÚRADNÍČEK, CHMELAR, 1998).

4.4 Borovice vejmutovka (*Pinus strobus*)

Popis

Borovice vejmutovka je strom středních až velkých rozměrů, který dosahuje maximální výšky až 67 m. Dosahuje stáří až 450 let. Kmen je rovný, s tenkou a hladkou borkou v mládí, později hrubší a podélně rýhovanou. Koruna stromu je v mládí kuželovitá, později šíře rozložená, často nepravidelná. Dlouhé hebké jehlice jsou sloučeny po pěti ve svazečku. Kořenová soustava se vyznačuje zakrnělým hlavním kořenem, který bývá nahrazen třemi až pěti velkými kořeny, směřujícími do stran i dolů (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Borovice vejmutovka na sklonku 15. roku začíná plodit. Plodná období se střídají po třech až pěti letech. Protáhlé šišky, které mají řídce rozmístěné šupiny, opadávají brzy po dozrání. Semena mají střední klíčivost. Semenáček roste několik let pomalu, poté dochází k rychlému růstu do výšky s vyvrcholením mezi 20. a 30. rokem, a potom růst opět ochabuje (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

Rozšíření

Borovice vejmutovka je severoamerická dřevina s areálem rozprostřeným na východě kontinentu. Centrem rozšíření je okolí Velkých jezer, v Kanadě roste od jihovýchodu státu Manitoba až po New Foundland a v přiléhající části USA od státu Minnesota a severní Iowa až k Atlantskému oceánu. Jižním směrem její areál postupuje Apalačským pohořím až do severní Georgie. V severní části tohoto území má borovice vejmutovka zastoupení od hladiny moře do výšky kolem 500 m. Na Jihu, v Apalačském pohoří se vyskytuje v rozpětí nadmořských výšek od 400 do 1 200 m (ÚRADNÍČEK, CHMELÁŘ, 1998).

Ekologie

Borovice vejmutovka patří k jehličnanům, které jsou středně tolerantní k zastínění. V podrostu je schopna ještě růst při zastínění až 80 %, avšak její výškový přírůstek přitom klesá na pouhých 45 % hodnoty z plné relativní ozářenosti. Z důvodu jejího počátečního pomalého růstu jsou její nejmladší stadia nejohroženější. Areál borovice vejmutovky se nachází v mírně teplém, převážně humidním podnebí. V rámci svého území se vyskytuje prakticky na všech půdách. V lesích přirozeného charakteru se jí nejlépe daří na dobře propustných, písčitých půdách střední až nízké úrodnosti. U borovice vejmutovky se cení její určitá míra tolerance ke znečištěnému ovzduší (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

V mírném podnebném pásu patří mezi nejčastěji pěstované americké dřeviny, mimo areál jejich přirozeného rozšíření. V současnosti se v Evropě vysazuje nejvíce v Německu a v České republice. V minulých letech patřila na našem území mezi lesnický nejvíce nadané introdukované jehličnany, ale dnes se pohled na ni poněkud mění, především ze dvou důvodů. Prvním důvodem je, že se zvyšují škody způsobené rzí vejmutovkou (*Cronartium Ribicola*), z tohoto důvodu se přestala v některých evropských zemích pěstovat. Druhým důvodem je, že na některých lokalitách v České republice (Labské pískovce a jiná skalní města), i jinde ve střední Evropě, se chová jako invazní dřevina, která vytlačuje původní taxony. (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

5 MATERIÁL A METODIKA

Bakalářská práce zpracovává vlastní orientační průzkum poškození jehlic borovice černé imisemi v lokalitě Černá louka v centru města Ostravy. V její těsné blízkosti se nachází silnice Havlíčkovo nábreží, Střelníční, Pivovarská a přes řeku Ostravici silniční komunikace Frýdecká, odkud vanou největší imise z dopravy.

Sběry jehlic byly prováděny ručně. V terénu byly vzorky odebrány z 20 stromů borovice černé. Ve zkoumané lokalitě bylo odebráno celkem 60 jehlic ročníku 2010 a 60 jehlic ročníku 2011. Jehlice byly vzaty z celého obvodu stromu, aby se zjistilo celkové poškození. Odebrané vzorky se uchovaly v papírových sáčkích od každého stromu. Do zápisníku byly zapsány podrobné informace o jednotlivých stromech.



Obr. 1: Mapa Černé louky s vyznačenými zkoumanými stromy (zdroj: www.mapy.cz)

Pomocí GPS navigace byly zjištěny souřadnice jednotlivých stromů:

Tab. 1: GPS souřadnice stromů

Stromy	N	E
1, 2	49° 49,987'	18° 17,523'
3, 4	49° 49,953'	18° 17,533'
5	49° 49,971'	18° 17,565'
6, 7, 8, 9	49° 49,953'	18° 17,641'

10	49° 49,939'	18° 17,706'
11	49° 49,974'	18° 17,745'
12, 13	49° 50,002'	18° 17,764'
14, 15, 16	49° 50,017'	18° 17,741'
17, 18	49° 50,007'	18° 17,691'
19	49° 50,037'	18° 17,563'
20	49° 50,082'	18° 17,744'

Cílem terénního průzkumu bylo odebrání vzorků jehlic k pozdějšímu měření indexu nekrotizace.

Nekrotizace nastupuje po depigmentaci listu v důsledku kolapsu buněk palisádového a houbového parenchymu, také buněk průduchů, kterými se zrealizovala imisní intoxikace a chemická otrava (JAMRICH, 19994).

Index nekrotizace je číselná hodnota, která definuje rozsah z aktivní metabolické činnosti definitivně vyřazené plochy, anebo hmoty listu v procentních hodnotách v důsledku imisního ovlivnění (JAMRICH, 1994).

Měření indexu nekrotizace probíhalo v domácím prostředí. Každou zkoumanou jehlicí bylo potřeba zbavit nečistot, aby bylo poškození lépe viditelné. Jehlicím byly odejmuty brachyblasty, poté byly přiloženy podél pravítka a změřila se celková délka jehlice (a) a délka její nekrotizované části (b). Vše se zaznačilo do tabulek, které jsou umístěné v příloze č. 1, a vypočítal se index nekrotizace v procentních hodnotách.

Naměřené hodnoty se dávají do poměru:

$$a = 100\%, b = x\%$$

$$a : b = 100 : x$$

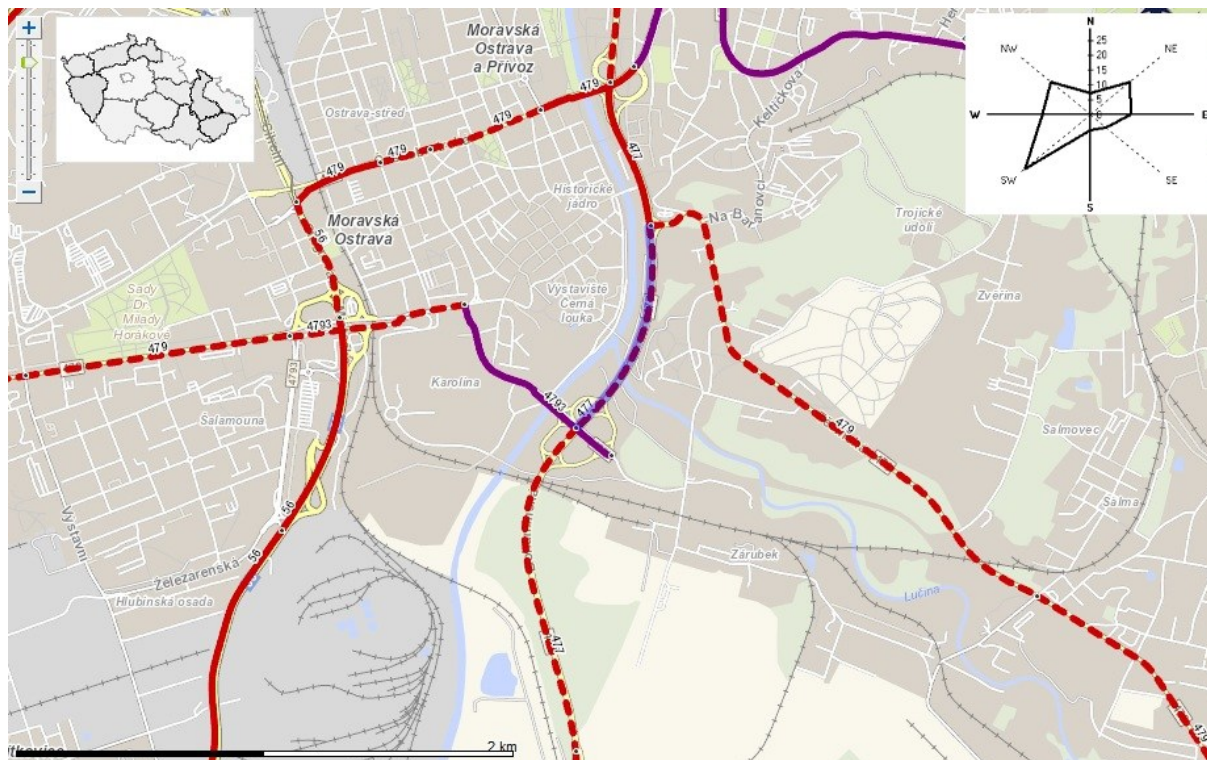
$$x = \frac{100 \cdot b}{a} = I_n\%, \text{ kde } I_n \text{ je index nekrotizace (JAMRICH, 1994)}$$



Obr. 2: Měření délky jehlice borovice černé

6 EMISE Z DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ NA KOMUNIKACI FRÝDECKÁ

Tato kapitola se zaměřuje na množství škodlivých látek v úseku frekventované silnice Frýdecké (č. 477), která vede přes řeku Ostravici vedle zkoumaného území Černé louky.



Obr. 3: Mapa s vyznačeným úsekem č. 477 komunikace Frýdecké a s větrnou růžicí (zdroj: <http://scitani2010.rsd.cz/pages/map/default.aspx>)

Také jsou zde ukázány denní, týdenní a roční intenzity dopravy na grafech. Všechny výpočty byly provedeny v MS Office Excel a potřebná data jsou z TP č. 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích. A také z programu MEFA v.02.

Program MEFA v.02 slouží k výpočtu emisních faktorů pro motorová vozidla poháněná jak kapalnými, tak alternativními plynými pohonnými hmotami. Tento program zohledňuje také rychlost jízdy, podélný sklon vozovky a umožňuje výpočet emisních faktorů pro různé znečišťující látky (www.mzp.cz, 2012).

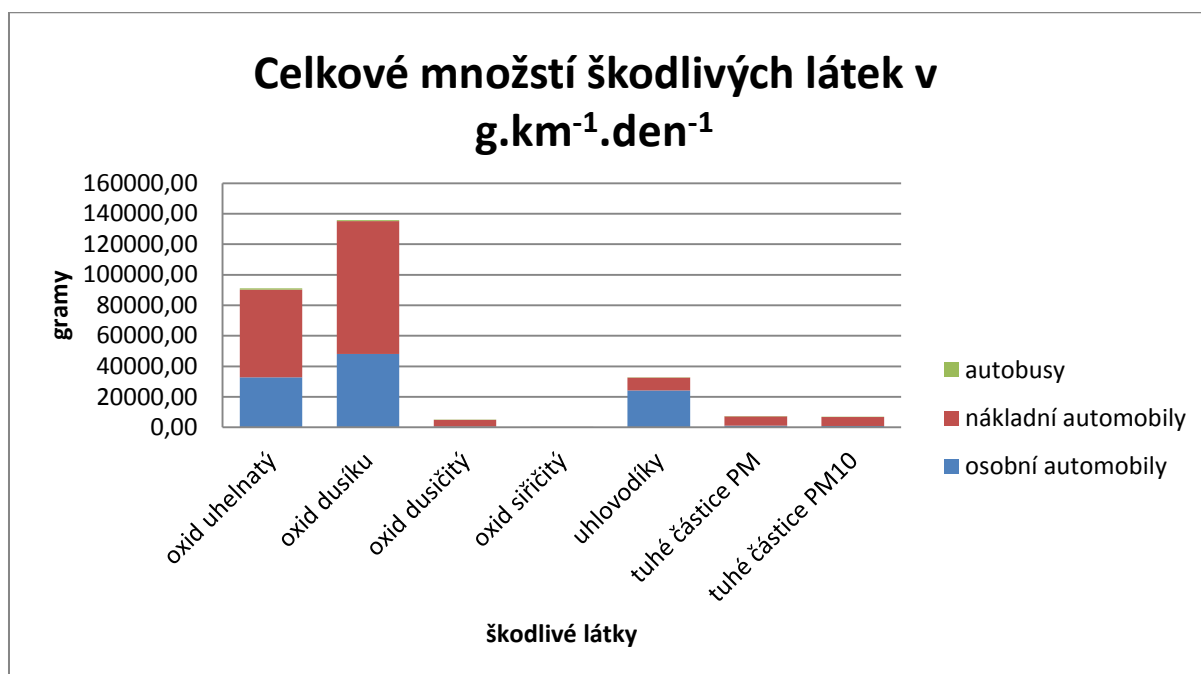
6.1 Množství škodlivých látek

Množství škodlivých látek jako jsou oxid uhelnatý, oxid dusíku, oxid dusičitý, oxid siřičitý, uhlovodíky, tuhé částice PM a tuhé částice PM₁₀ se vypočítalo z programu MEFA

v.02. Z tohoto programu jsou získány hodnoty množství škodlivých látek v g. km⁻¹ pro jeden dopravní prostředek. Za dopravní prostředky jsem si vybrala osobní automobily, těžké nákladní automobily a autobusy. Emisní faktory pro osobní auta byly z programu MEFA v.02 získány pro paliva: benzín, diesel, LPG a CNG. Pro nákladní automobily s palivem diesel a pro autobusy s palivem diesel, LPG a CNG. Počty osobních aut, těžkých nákladních aut a autobusů pro daný úsek komunikace Frýdecké se zjistily na stránkách Ministerstva dopravy. Počty jednotlivých dopravních prostředků byly násobeny s množstvím škodlivých látek a po drobných úpravách vznikla Tab. 2 a z ní odvozený graf na Obr. 4. Všechna data a výpočty jsou uvedeny v příloze č. 2.

Tab. 2: Množství jednotlivých škodlivých látek pro vybrané dopravní prostředky

Celkové množství škodlivých látek v g.km ⁻¹ .den ⁻¹			
	osobní automobily	nákladní automobily	autobusy
oxid uhelnatý	32802,43	57372,41	1005,24
oxid dusíku	48091,77	87154,53	609,71
oxid dusičitý	542,71	4365,24	30,48
oxid siřičitý	34,90	30,41	0,54
uhlovodíky	24226,21	8342,82	279,94
tuhé částice PM	1016,26	6209,32	138,53
tuhé částice PM10	975,21	5836,86	130,22

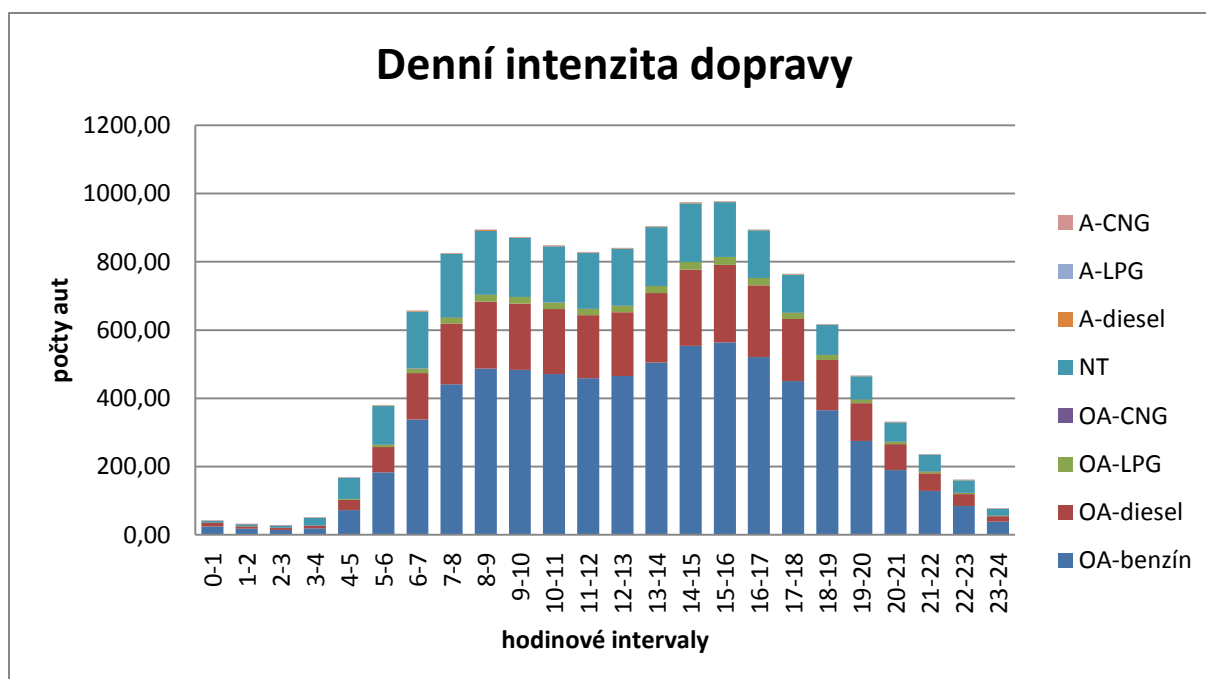


Obr. 4: Graf celkového množství škodlivých látek pro vybrané dopravní prostředky

6.2 Intenzita dopravy

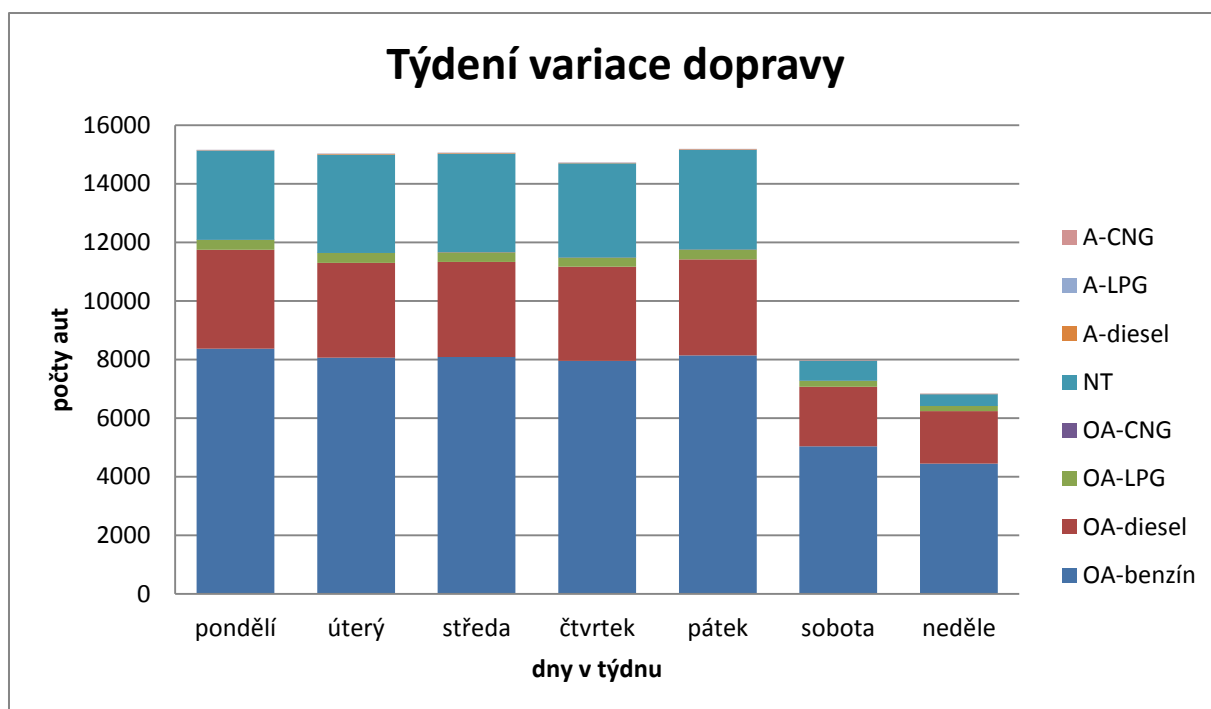
Při výpočtech intenzit dopravy se použila data pro množství aut z Ministerstva dopravy pro daný úsek silnice Frýdecké, a data ze souboru TP č. 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích pro denní, týdenní a roční výpočet intenzit dopravy. Všechny získané data a výpočty jsou uvedeny v příloze č. 3. Výsledky jsou zobrazeny v následujících grafech na Obr. 5, Obr. 6 a Obr. 7.

Pozn. Pro grafy na Obr. 5, Obr. 6 a Obr. 7 zkratky znamenají: OA – osobní automobily, NT – těžká nákladní vozidla, A – autobusy.



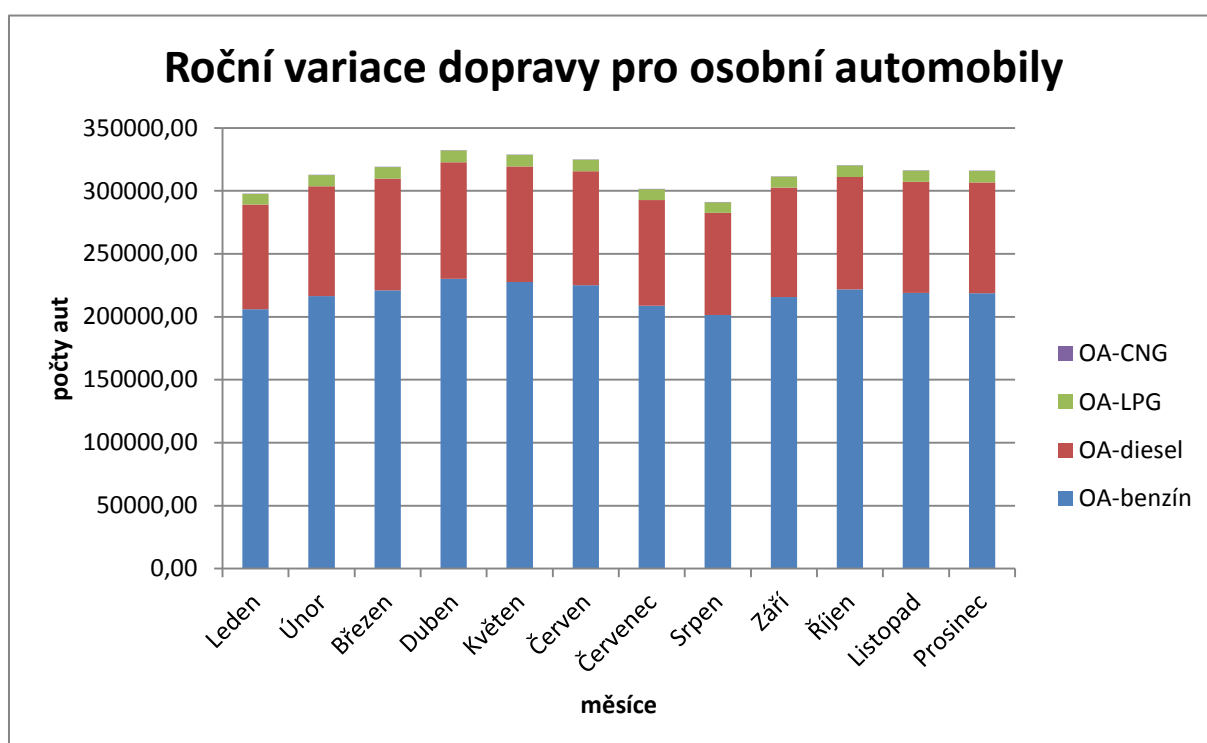
Obr. 5: Graf denní intenzity dopravy pro vypočtené dopravní prostředky

Na Obr. 5 jsou vidět dvě dopravní špičky a to ranní dopravní špička od 8 do 9 hodin a odpolední dopravní špička od 15 do 16 hodin.



Obr. 6: Graf týdenní intenzity dopravy pro vypočtené dopravní prostředky

Z Obr. 6 je patrné, že přes pracovní dny jsou týdenní variace dopravy nejvyšší a naopak ve dnech pracovního klidu nejnižší.



Obr. 7: Graf roční intenzity dopravy pro vypočtené dopravní prostředky

Na Obr. 7 je vidět, že během jednotlivých měsíců nejsou značné výkyvy dopravních prostředků. Nejvyšší počet osobních aut je v dubnu a nejnižší v srpnu.

Z uvedených grafů lze vidět, že počet dopravních prostředků na daném úseku komunikace Frýdecké jsou vysoké a domnívám se, že jejich emise negativně ovlivňují vegetaci na Černé louce. Déle bych přisoudila, že vegetaci na Černé louce negativně ovlivňuje mnohem více společnost ArcelorMittal Ostrava a.s.

Emise, které motorová vozidla vypouštějí do ovzduší, se dostávají do životního prostředí vegetace a představují antropogenní faktor, který přestal mít jenom lokální význam a stal se celosvětovým ohrožením životního prostředí dané vegetace (Moravec et al., 1994).

7 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Tato kapitola se zabývá statistickým vyhodnocením indexu nekrotizace jehlic borovice černé pro ročníky 2010 a 2011, který se získal v kapitole Metodika. Chci zde ukázat domněnku, že index nekrotizace u ročníku 2010 je vyšší než u ročníku 2011. K ověření této domněnky poslouží statistické vyhodnocení. Nejdříve jsou představeny statistické vzorce, které poskytují informace o zkoumaném souboru dat, a poté jsou uvedeny samotné výsledky, které se pomocí těchto vzorců získaly.

7.1 Statistické vzorce

Tato kapitola se zabývá jednotlivými statistickými charakteristiky, které se používají k analýze souboru nekrotizace jehlic borovice černé. Symbolem n se značí rozsah zkoumaného souboru.

Aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Aritmetický průměr je optimální charakteristikou typické hodnoty množiny dat. Fyzikálně si ho lze představit jako těžiště dat. Jeho nevýhodou je citlivost k odlehlým hodnotám.(HENDL, 2009).

Variační rozpětí:

$$R = x_{max} - x_{min}$$

Variační rozpětí se definuje jako rozdíl největší a nejmenší hodnoty ze zkoumaného souboru dat (HENDL, 2009).

q-kvantil

Obecně je kvantil chápán jako hodnota, která rozděljuje výběrový soubor na dvě části – první z nich obsahuje hodnoty, které jsou menší než daný kvantil, druhá část obsahuje hodnoty, které jsou větší nebo rovny danému kvantilu. Pro určení kvantilu je proto nutné výběr uspořádat od nejmenší hodnoty k největší (LITSCHMANNOVÁ, 2011).

Kvantil proměnné x , který odděluje $100q\%$ menších hodnot od zbytku souboru, tj. od $100(1-q)\%$ hodnot, nazýváme $100q$ %-ním kvantilem a značíme jej x_q (LITSCHMANNOVÁ, 2011)

V praxi se nejčastěji setkáváme s následujícími kvantily:

Dolní kvartil $x_{0,25}$: 25%-ní kvantil (rozděluje datový soubor tak, že 25 % hodnot je menších než tento kvartil a zbytek, tj. 75 % větších (nebo rovných)) (LITSCHMANNOVÁ, 2011)

Medián $x_{0,5}$: 50%-ní kvantil (rozděluje datový soubor tak, že polovina (50 %) hodnot je menších než medián a polovina (50 %) hodnot větších (nebo rovných)) (LITSCHMANNOVÁ, 2011)

Horní kvartil $x_{0,75}$: 75%-ní kvantil (rozděluje datový soubor tak, že 75 % hodnot je menších než tento kvartil a zbytek, tj. 25 % větších (nebo rovných)) (LITSCHMANNOVÁ, 2011)

Kvartilové rozpětí:

$$R_Q = x_{0,75} - x_{0,25}$$

Kvartilové rozpětí je charakteristikou rozptýlenosti a společně s kvartily se používá k popisu tvaru dat. Není také tak citlivé vůči odlehlým hodnotám jako rozpětí (HENDL, 2009).

Rozptyl:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{1}{n - 1} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2 \right)$$

Rozptyl (přesněji výběrový rozptyl) je definován jako průměrná kvadratická odchylka měření od jejich aritmetického průměru. Počítá se pomocí čtverců odchylek dat od průměru, a proto je jeho rozměr roven kvadrátu rozměru analyzovaných dat (HENDL, 2009).

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{s^2}$$

Směrodatná odchylka je další mírou variability dat. Stejně jako aritmetický průměr \bar{x} je i směrodatná odchylka s velmi ovlivněna extrémními hodnotami testovacího souboru. (HENDL, 2009).

Variační koeficient:

Nevýhodou výběrového rozptylu i výběrové směrodatné odchylky je skutečnost, že neumožňují porovnávat variabilitu proměnných vyjádřených v různých jednotkách. Tato skutečnost je důvodem pro zavedení další z měř variability, variačního koeficientu.

$$VK = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100[\%]$$

Variační koeficient lze používat, pokud chceme posoudit relativní velikost rozptýlenosti dat vzhledem k průměru (HENDL, 2009).

Šikmost

$$S_1 = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s^3}$$

Šikmost měří zešikmenost, respektive nesymetrii dat. Pomocí šikmosti hodnotíme, jak se rozdělení dat podobá normálnímu (Gaussovu) rozdělení (LITSCHMANNOVÁ, 2011).

Špičatost

$$S_2 = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{s^4} - 3 \frac{(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Špičatost měří odchylku špičatosti zkoumaného rozdělení od normálního rozdělení (LITSCHMANNOVÁ, 2011).

Identifikace odlehlých pozorování

Za odlehlá pozorování považujeme ty hodnoty proměnné, které se mimořádně liší od ostatních hodnot a tím ovlivňují např. vypovídací hodnotu průměru. Za odlehlé pozorování lze považovat takovou hodnotu x_i , která je od dolního, resp. horního kvantilu vzdálená více než 1,5 násobek kvartilového rozpětí. Tedy:

$$[(x_i < x_{0,25} - 1,5 \cdot R_Q) \vee (x_i > x_{0,75} + 1,5 \cdot R_Q)] \Rightarrow x_i \text{ je odlehlým pozorováním}$$

(LITSCHMANNOVÁ, 2011).

Poznámka: Pro kategorizaci proměnné index nekrotizace bylo použito Sturgesovo pravidlo (pravidlo pro určení počtu tříd četností).

Sturgesovo pravidlo:

$$k \cong 1 + 3,3 \log n$$

7.2 Vyhodnocení

Dle statistických vzorců představených v předchozí kapitole se určila výběrová charakteristika indexů nekrotizace jehlic borovice černé pro ročníky 2010 a 2011. Pro ověření správnosti vypočtených hodnot byl použit applet Explorační analýza (LITSCHMANNOVÁ, 2011), z kterého jsou použity grafy četností a krabicové grafy. Applet Explorační analýza je

uveden pro jednotlivé ročníky jehlic borovice černé v příloze č. 4 a č. 5. Nejdříve začneme s vypočtenými hodnotami, které nás zajímají. Tyto hodnoty jsou v Tab. 3.

Tab. 3: Výběrové charakteristiky pro index nekrotizace

	ročník 2010	ročník 2011
Rozsah	60	60
Aritmetický průměr	5,6	1,8
Minimum	0,7	0,6
Dolní kvartil	4,0	1,2
Medián	5,2	1,7
Horní kvartil	7,0	2,3
Maximum	11,4	3,9
Kvartilové rozpětí	3,0	1,1
Rozptyl	7,1	0,7
Směrodatná odchylka	2,7	0,8
Variační koeficient v %	48	45
Šikmost	0,4	0,6
Špičatost	-0,3	0,0

Z vypočtených charakteristik je zřejmé, že průměrný index nekrotizace v roce 2010 je výrazně vyšší než v roce 2011, z toho lze usuzovat, že poškození jehlic u ročníku 2010 je větší.

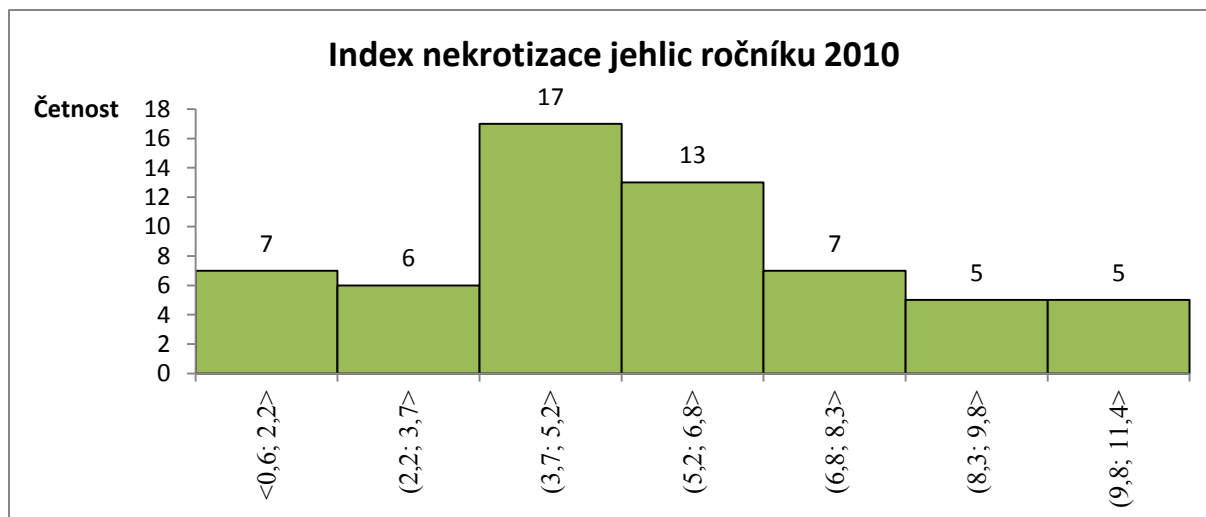
Dále je patrné, že minimální hodnota u obou ročníků je téměř totožná. Naproti tomu horní kvartil a maximum se výrazně liší. Z Tab. 3 je vidět zajímavá skutečnost, že u ročníku 2010 je 25 % hodnot v rozmezí 7,0 do 11,4 a u ročníku 2011 je 75 % procent hodnot menších 2,3.

Tento rozdíl je také patrný u kvartilového rozpětí, kde ročník 2010 má skoro 3krát větší kvartilové rozpětí.

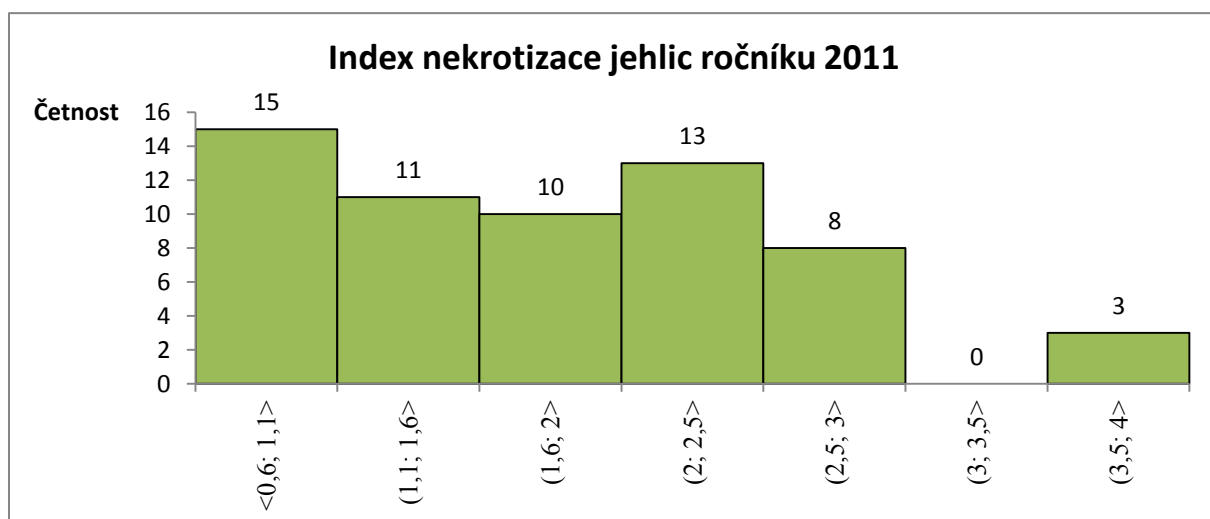
Podobný případ je i u rozptylu a směrodatné odchylky, které měří rozptýlení dat. Variační koeficient v procentech vyšel pod 50 %, a tedy data jsou sourodé a neměl by obsahovat odlehlé hodnoty. Podle Sturgesova pravidla vyšlo, že intervaly pro oba zkoumané soubory dat se rozdělí na 7 variačních tříd neboli 7 intervalových četností.

Hodnoty šikmosti a špičatosti napovídají, že rozložení dat se nebude moc lišit od normální (Gaussovy) křivky.

Dále jsou na Obr. 8 a Obr. 9 uvedeny grafy četností indexu nekrotizace vypočtených podle Sturgesova pravidla pro oba zkoumané ročníky.

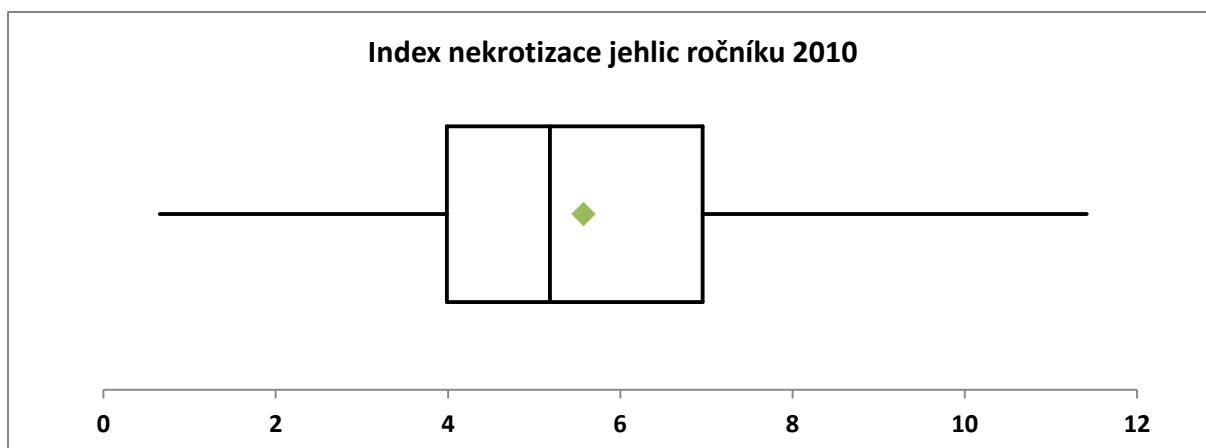


Obr. 8: Histogram pro index nekrotizace jehlic ročníku 2010

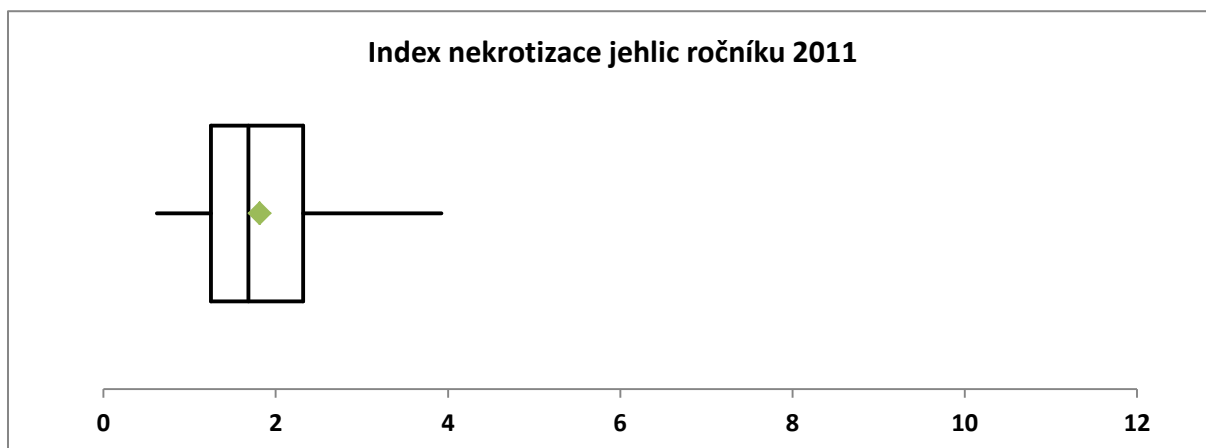


Obr. 9: Histogram pro index nekrotizace jehlic ročníku 2011

Na Obr. 10 a Obr. 11 jsou uvedeny krabicové grafy pro oba ročníky, na kterých jsou vidět jednotlivé rozdíly ve zkoumaných indexech nekrotizace. Na obou krabicových grafech nepozorujeme odlehlé ani extrémní hodnoty, což potvrzuje předpoklad, že soubory dat byly optimální a statistické charakteristiky jako aritmetický průměr, rozptyl ani směrodatná odchylka nejsou tímto jevem ovlivněny.



Obr. 10: Krabicový graf pro index nekrotizace jehlic ročníku 2010



Obr. 11: Krabicový graf pro index nekrotizace jehlic ročníku 2011

Vzhledem k tomu, že výběrový soubor lze považovat za náhodný výběr, lze pomocí metod statistické indukce odhadnout střední hodnotu indexu nekrotizace ročníku 2010 a 2011. Se spolehlivostí 95 % se střední hodnota indexu nekrotizace nachází v intervalu $\langle 4,9; 6,3 \rangle$ pro ročník 2010 a v intervalu $\langle 1,6; 2,0 \rangle$ pro ročník 2011 (předpoklad normality výběru byl ověřen pomocí kombinovaného testu na základě šikmosti a špičatosti v appletu Explorační analýzy (LITSCHMANNOVÁ, 2011), p -hodnota = 0,6384 pro ročník 2010 a p -hodnota = 0,2798 pro ročník 2011).

8 DISKUZE A ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo seznámení se se znečištěním ovzduší na Ostravsku, s přírodními poměry, se zkoumanou lokalitou Černá louka a s vybranými druhy borovic. V rámci terénního průzkumu byly odebrány vzorky jehlic borovice černé, na kterých byl počítán index nekrotizace. Tento index nekrotizace byl vstupním souborem dat pro statistické zpracování.

Z dostupných materiálů byly vypočítány emisní faktory pro znečišťující látky, z nichž se dále počítalo množství škodlivých látek, které se dostaly do ovzduší z dopravních prostředků na úseku komunikace Frýdecké v blízkosti zkoumané lokality. Na tomto úseku se také počítalo množství denních, týdenních a ročních intenzit dopravy.

Cíle této bakalářské práce byly naplněny a byla rozšířena o kapitoly, o kterých se původně neuvažovalo.

Ve své navazující diplomové práci bych se ráda zaměřila na sledování vlivů imisí na listnaté stromy. Pravidelně by byly odebírány vzorky listů ve vegetační době. Měřila by se fotosyntéza a další důležité ukazatele. Vzhledem k současné imisní situaci by bylo dobré založit trvalé plochy, které by byly neustále monitorovány.

Také bych ráda prohloubila znalosti statistiky, které jsou pro toto téma klíčové.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BÍLEK, J., et al. *Analýza kvality ovzduší na území města Ostravy a legislativa v ochraně ovzduší*. Ostrava: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, 2010. 84 s.
- HAVRLANT, M. *Geografie Severomoravského kraje*. 1. vyd. Ostrava: Pedagogická fakulta v Ostravě, 1980. 276 s.
- HENDL, J., *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. 3. vyd. Praha: Portál, 2009. 696 s. ISBN 978-80-7367-482-3.
- HERČÍK, M. *Životní prostředí: úvod do studia*. Ostrava: FMMI VŠB – TU Ostrava, 1996. 134 s. ISBN 80-7078-340-0.
- JAMRICH, V. *Imisná patofyziológia rastlín*. 1.vyd. Zvolen: TU Zvolen, 1994. 95 s. ISBN 80-228-0351-0.
- Kolektiv autorů. *Sborník o stavu prostředí v Ostravě*. Ostrava: Statutární město Ostrava, 2006. 73 s. ISBN 80-7329-123-1.
- KOUTECKÁ, V. *Příroda Ostravy*. Ostrava: Statutární město Ostrava, 2001. 248 s. ISBN 80-238-7283-4.
- KŘÍŽ, V. *Moravskoslezský kraj – klimatické a hydrologické poměry*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2004. 43 s. ISBN 80-7042-994-1.
- LITSCHMANNOVÁ, M., 2011, Úvod do statistiky, VŠB-TU Ostrava, multimediální výukový materiál vyhotovený v rámci projektu „Matematika pro inženýry 21.století-inovace výuky matematiky na technických vysokých školách v nových podmínkách rychle se vyvíjející informační a technické společnosti“(CZ.1.07/2.2.00/07.0332).
- MORAVEC, J., et al. *Fytocenologie*. 1. vyd. Praha: Academia, 1994. 403 s. ISBN 80-200-0457-2.
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J. *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných a výtrusných dřevin: lesnická dendrologie 1*. 1. vyd. Praha: Academia, 2007. 352 s. ISBN 978-80-200-1567-9.
- ÚŘADNÍČEK, L., CHMELÁŘ J., *Dendrologie lesnická: 1. část Jehličnany*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. 246 s. ISBN 80-7157-162-8.
- WEISSMANNOVÁ, H., et al. *Ostravsko: Chráněná území ČR, svazek X*. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2004. 454 s. ISBN 80-86064-67-0.

Internetové zdroje

MEFA - výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla. Ministerstvo životního prostředí.
[online] [cit. 2012-04-26]. Dostupné na WWW:
http://www.mzp.cz/cz/vypocet_emisnich_faktoru

TP č. 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích. [online] [cit. 2012-04-26].
Dostupné na WWW: <http://obchod.edip.cz/cs/produkt/tp-189-stanoveni-intenzit-dopravy-na-pozemnich-komunikacich/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Mapa Černé louky s vyznačenými zkoumanými stromy	23
Obr. 2: Měření délky jehlice borovice černé	25
Obr. 3: Mapa s vyznačeným úsekem č. 477 komunikace Frýdecké a s větrnou růžicí	26
Obr. 4: Graf celkového množství škodlivých látek pro vybrané dopravní prostředky	27
Obr. 5: Graf denní intenzity dopravy pro vypočtené dopravní prostředky	28
Obr. 6: Graf týdenní intenzity dopravy pro vypočtené dopravní prostředky	29
Obr. 7: Graf roční intenzity dopravy pro vypočtené dopravní prostředky	29
Obr. 8: Histogram pro index nekrotizace jehlic ročníku 2010	35
Obr. 9: Histogram pro index nekrotizace jehlic ročníku 2011	35
Obr. 10: Krabicový graf pro index nekrotizace jehlic ročníku 2010	36
Obr. 11: Krabicový graf pro index nekrotizace jehlic ročníku 2011	36

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: GPS souřadnice stromů	23
Tab. 2: Množství jednotlivých škodlivých látek pro vybrané dopravní prostředky	27
Tab. 3: Výběrové charakteristiky pro index nekrotizace	34

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Index nekrotizace jehlic borovice černé pro ročníky 2010 a 2011
Příloha č. 2: Množství škodlivých látek z dopravní komunikace č. 477 Frýdecké
Příloha č. 3: Intenzity dopravy pro dopravní komunikaci č. 477 Frýdecké
Příloha č. 4: Explorační analýza pro ročník 2010 jehlic borovice černé
Příloha č. 5: Explorační analýza pro ročník 2011 jehlic borovice černé